

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTTO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL**

Mauricio Tobias Lindegger

**ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
SELEÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES DE INDÚSTRIA METAL MECÂNICA - ESTUDO
DE CASO DE UMA METAL MECÂNICA DE BRUSQUE - SC.**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Santa Catarina para Conclusão do
Curso de Graduação em Engenharia
Sanitária e Ambiental.

Orientador: Prof., Dr. Fernando Soares
Pinto Sant'Anna

Florianópolis
2012

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
AMBIENTAL

ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA
SELEÇÃO DE UMA ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE
EFLUENTES DE UMA INDÚSTRIA METAL MECÂNICA –
ESTUDO DE CASO DE UMA METAL MECÂNICA DE BRUSQUE -
SC

MAURICIO TOBIAS LINDEGGER

Trabalho submetido à Banca Examinadora como parte dos requisitos
para Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia Sanitária e
Ambiental–TCC II

BANCA EXAMINADORA :

Prof., Dr. Fernando Soares Pinto Sant'Anna
(Orientador)

Prof. Me. Guilherme Farias Cunha
(Membro da Banca)

Aline Dhein Perini
(Membro da Banca)

FLORIANÓPOLIS, (SC)
JULHO/2012

Dedico este trabalho à minha família que com grande amor, paciência e companheirismo me apoiaram em todos os momentos para que fosse possível atingir esta vitória.

RESUMO

No Brasil e no mundo a preocupação ambiental vem tomando grandes proporções e está cada vez mais presente no dia a dia das grandes e pequenas corporações. A questão legal que abrange o tema também está cada vez mais restritiva fazendo com que empreendedores invistam na área ambiental para se manterem competitivos. Somado a isso, um dos maiores problemas relacionados a indústrias é a grande demanda de água nos processos produtivos e sua consequente contaminação. É crescente o número de indústrias com a preocupação em tratar o próprio efluente para garantir legalidade em seus processos e certificações como a ISO 14.001. A partir daí estudos são realizados a todo o momento em busca de alternativas de tratamento de efluentes industriais, de maneira fácil e barata para que o foco continue sendo a produção de bens. Nesse sentido o presente trabalho objetiva realizar um estudo de viabilidade técnica e econômica para implantação de uma estação de tratamento em uma indústria do ramo Metal Mecânico. A indústria objeto do estudo localiza-se no município brasileiro de Brusque no estado de Santa Catarina. A indústria é especializada em produzir peças em materiais como o aço e o alumínio para o ramo de indústrias automobilísticas. Atualmente o tratamento de efluentes industriais gerados nos processos da fábrica é realizado por uma empresa terceirizada. Para que o controle ambiental seja todo da Indústria, o ideal é implantar a própria estação de tratamento de efluentes, obtendo assim o controle das responsabilidades ambientais. Foi então realizado todo o estudo prévio para levantar as alternativas que melhores se encaixam na situação da fábrica e com isso, empresas que fornecem estações de tratamento foram contatadas e estas apresentaram suas propostas. Em cima das propostas foi realizado o estudo de viabilidade técnica e econômica para implantar a própria estação de tratamento de efluentes deixando desta maneira de utilizar os serviços da empresa terceirizada. Como resultado do trabalho, descobriu-se que as opções comerciais de estação de tratamento de efluentes estudadas apresentaram uma boa viabilidade técnica, porém economicamente inviáveis para a indústria. O investimento se demonstrou elevado e os retornos financeiros reduzidos. Para que a opção de implantação ainda seja aplicada alguns critérios intangíveis deverão ser levados em conta na decisão que será realizada pela alta gerência em conjunto com a diretoria da indústria.

Palavras-chave: ETEI; Viabilidade Técnica; Viabilidade Econômica Indústria Metal Mecânica.

ABSTRACT

In Brazil and worldwide, environmental concerns has been taking large proportions and is increasingly present in everyday life of large and small corporations. The legal issue which covers the theme is also increasingly restrictive causing entrepreneurs to invest in the environmental field to stay competitive. In addition to this, one of the biggest industry problems is the large demand for water in production processes and its consequent contamination. The quantity of industries with the concern in treating effluent itself to ensure legality in their processes and certifications such as ISO 14001 is increasing. Since then, studies have been done all the time in order to find alternative treatment of industrial effluents, easily and inexpensively so that the focus remains the production of goods. In this sense, the present paper aims to conduct a technical and economic feasibility for the implementation of a treatment plant in a Metal Mechanical industry branch. The industry study object is located in the Brazilian city of Brusque, in the state of Santa Catarina. The industry is specialized in producing parts in materials such as steel and aluminum for the automotive industries sector. With great representation in the market, one of the great concerns for this industry is the environmental issues as well as maintaining the ISO 14001 certification. Currently the treatment of industrial wastewater generated by processes of the plant is performed by a third party. In order to detain the whole environmental control in the industry the objective is to deploy its own treatment plant effluent, thus gaining control of environmental responsibilities. It was then carried out all the previous study to raise the alternatives that best fit the situation of the factory and with that, companies that provide treatment stations were contacted and they presented their proposals. Upon the proposals, a technical and economic feasibility study was conducted to deploy its own treatment plant effluent thus quitting this way of using the services of third-party company. As a result of the work, it was discovered that the commercial options of treatment plant effluent studied had a good technical feasibility, but it becomes uneconomical for the industry. The investment proved high and low financial returns. In order to deploy the option of implementation, some intangible criteria can be taken into account during the decision to be held by senior management in conjunction with the board industry.

Keywords: Treatment Plant Effluent; Technical Viability, Economic Viability; Metal Processing Industry.

ÍNDICE GERAL

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
2.1	Objetivo Geral.....	14
2.2	Objetivos Específicos.....	14
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
3.1	Caracterização do setor Metal Mecânico	15
3.1.1	A Indústria Metal Mecânica.....	15
3.1.2	A importância da indústria Metal Mecânica em Santa Catarina.....	15
3.2	Água na Indústria.....	15
3.3	Efluente na indústria	16
3.3.1	Classificação quanto ao tipo de efluente.....	17
3.3.2	Características do efluente da Metalomecânica	17
3.4	Tratamento do Efluente da Indústria.....	18
3.4.1	Tratamento do efluente físico-químico	18
3.4.2	Tratamento do Efluente Sanitário	19
3.5	Escolha do tratamento	19
3.6	Estudo de Viabilidade	20
3.6.1	Viabilidade técnica	20
3.6.2	Viabilidade econômica.....	21
3.7	Requisitos Legais	27
3.7.1	No contexto Federal.....	27
3.7.2	No contexto Estadual	27

3.7.3	No contexto Municipal.....	28
4	METODOLOGIA	29
4.1	Local de Estudo.....	29
4.2	Número de funcionários e turnos:	29
4.3	Processos de produção	30
4.4	Caracterização da rede coletora.....	31
4.5	Caracterização do tratamento atual dos efluentes.....	33
4.6	Controle da geração.....	33
4.6.1	Vazão	33
4.7	Amostragem e análise	36
4.8	Laboratório	38
4.9	Características do lançamento em corpo d'água	41
4.10	Levantamento das alternativas comerciais de Estações de Tratamento de Efluentes	41
4.11	Avaliação das alternativas	41
4.11.1	Quadro multicriterial.....	42
4.11.2	Avaliação técnica	43
4.11.3	Avaliação econômica	43
4.12	Método da definição da viabilidade	44
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
5.1	Balanco de entradas e saídas:	45
5.2	Geração de efluentes exclusivamente industriais	47
5.2.1	Vazão industrial:	47
5.2.2	Compostos característicos dos processos de tratamento de peças por linha de banhos (fosfatização):	48
5.3	Geração de efluentes exclusivamente sanitários	48
5.3.1	Vazão Sanitária:	48

5.3.2	Vazão total	50
5.4	Resultado das análises laboratoriais e comparativo com a legislação	51
5.5	Propostas para Estação de Tratamento.....	53
5.5.1	Empresa A.....	53
5.5.2	Empresa B.....	54
5.5.3	Empresa C.....	55
5.6	Quadro multicriterial das propostas	57
5.7	Avaliação Técnica.....	58
5.8	Avaliação Econômica	58
5.8.1	Gastos atuais	58
5.8.2	Gastos Futuros	59
5.8.3	Resultados.....	60
5.8.4	Critérios intangíveis.....	62
6	CONCLUSÕES	63
7	RECOMENDAÇÕES.....	64
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	65
	ANEXO 1	69
	ANEXO 2	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Fluxo típico do uso da água de uma indústria.	16
Figura 2: Exemplo de um diagrama de fluxo de caixa.....	23
Figura 3: Caixas separadoras de água/óleo enterradas (SAO).	31
Figura 4: Tanque pulmão final.....	32
Figura 5: Sistemas moto-bombas para recalque.....	32
Figura 6: Visor digital do Medidor de vazão final.....	34
Figura 7: Medidor de vazão final.....	34
Figura 8: Gerador de ozônio.	54
Figura 9: Eletrofloculador.....	55
Figura 10: Fluxograma de tratamento físico-químico.....	56

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1: Parâmetros analisados.....	36
Quadro 2: Parâmetros analisados na amostragem composta.	37
Quadro 3: Quadro multicriterial – Parte 1	42
Quadro 4: Quadro multicriterial – Parte 2	42
Quadro 5: Quadro multicriterial preenchido– Parte 1.....	57
Quadro 6: Quadro multicriterial preenchido– Parte 2.....	57

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1: Exemplo de uma planilha de fluxo de caixa.	23
Tabela 2: Exemplo de cálculo de payback simples.	25
Tabela 3: Exemplo de cálculo de payback descontado.	26
Tabela 4: Tabela de controle de descargas químicas.	35
Tabela 5: Programa de amostragem composta.	37
Tabela 6: Comparativo com a legislação- Parte 1.	39
Tabela 7: Comparativo com a legislação- Parte 2.	40
Tabela 8: Tabela de controle de descargas químicas com valores.	47
Tabela 9: Tabela das medidas de vazão final.	50
Tabela 10: Resultados das análises e comparativo com a legislação- Parte 1.	51
Tabela 11: Resultados das análises e comparativo com a legislação- Parte 2.	52
Tabela 12: Cálculo dos gastos.	59
Tabela 13: Payback Descontado – Proposta A.	60
Tabela 14: Payback Descontado – Proposta B.	61
Tabela 15: Payback Descontado – Proposta C.	61

1 INTRODUÇÃO

A água é um recurso essencial para o meio ambiente, para a maioria das atividades econômicas e principalmente para o surgimento e manutenção da vida em nosso Planeta. Apesar da aparente abundância deste recurso, deve-se levar em consideração que apenas uma pequena parcela, referente à água doce, é possível ser utilizada nas atividades humanas, sem que sejam necessários grandes investimentos para a adequação de suas características, físicas, químicas e/ou biológicas, aos padrões de qualidade exigidos para cada tipo de aplicação (MIERZWA, 2002).

O homem em sua “vida moderna” utiliza a água de forma indispensável em diversas atividades e por essa razão, este recurso apresenta grandes valores econômicos, sociais e culturais. Das atividades humanas relacionadas à água podem-se citar algumas como: transporte de pessoas e mercadorias, geração de energia, produção e processamento de alimentos, processos industriais diversos, recreação e paisagismo; e amplamente utilizada para transporte e assimilação de efluentes, possivelmente a aplicação menos nobre desse recurso.

Contudo, um dos principais problemas do século é a crescente contaminação da água, ou seja, esse recurso vem sendo poluído de tal forma que raramente podemos consumi-lo em seu estado natural e sem tratamento. Este fato ocorre, pois a água é utilizada em diversos processos, dentre eles o uso doméstico (sanitário) e industrial.

Nos processos industriais, a água é utilizada de várias maneiras tais como: incorporação ao produto; lavagens de máquinas, tubulações e pisos; águas de sistemas de resfriamento e geradores de vapor; águas utilizadas diretamente nas etapas do processo industrial ou incorporadas aos produtos; esgotos sanitários dos funcionários (GIORDANO, 2011). As águas provenientes dos usos industriais desta maneira tornam-se contaminadas pelos resíduos dos processos formando assim os efluentes líquidos industriais.

O efluente carrega consigo vários tipos de impurezas que segundo Marcus Von Sperling são diversos componentes que presentes na água alteram seu grau de pureza, podendo ser retratados, de uma maneira ampla e simplificada, em termos de suas características físicas, químicas e biológicas.

Essas impurezas quando despejadas diretamente no corpo hídrico são capazes de alterar a qualidade física, química e/ou biológica a níveis

que ultrapassam os padrões legais estabelecidos para a classe, conforme seu uso preponderante, o que caracteriza a poluição hídrica.

Na indústria Metalomecânica, com tratamento superficial galvanotécnico, os metais e os reativos químicos são à base dos processos. A utilização desses componentes produz resíduos químicos e efluentes que podem afetar o meio ambiente, bem como são capazes de provocar sérios danos à saúde da população. É então de suma importância, que independente da concentração ou nível de toxicidade, todo efluente deve ser tratado de maneira adequada para atingir os parâmetros legais de lançamento na natureza.

Porém, existem diversos processos de tratamento de efluentes industriais e o processo ideal, sua forma construtiva, os materiais empregados e os produtos químicos utilizados dependem de fatores como: legislação ambiental regional, o clima, a cultura local, os custos de investimento, os custos operacionais, a quantidade de lodo gerado, a qualidade do efluente tratado, a segurança operacional, a geração de odor, a interação com a vizinhança e a possibilidade de reuso do efluente tratado (GIORDANO, 1999).

Este trabalho irá, então, aprofundar-se exatamente no estudo das diferentes possibilidades de tratamento dos efluentes industriais para a escolha da melhor opção a ser implantada numa indústria metalomecânica localizada no município de Brusque no estado de Santa Catarina.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Elaborar estudo de viabilidade técnica e econômica para a escolha da melhor opção para uma Estação de Tratamento de Efluentes de uma Indústria Metal Mecânica.

2.2 Objetivos Específicos

- Caracterizar o efluente da indústria em relação aos parâmetros físico-químicos, segundo a legislação aplicável;
- Avaliar comparativamente algumas alternativas comerciais para uma ETEI, com base em critérios técnicos e econômicos.
- Apresentar uma avaliação multicriterial das opções de ETEIs para sintetizar as informações obtidas e evidenciar a viabilidade ou não da implantação.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Caracterização do setor Metal Mecânico

3.1.1 A Indústria Metal Mecânica

Metalomecânica ou Metal Mecânica é o ramo da indústria responsável pela transformação de metais em produtos metálicos desejados. Processos como corte, usinagem, fundição, tratamento térmico, conformação, tratamentos abrasivos, ensaios metalográficos entre outros, são comumente utilizados na produção de peças metálicas.

3.1.2 A importância da indústria Metal Mecânica em Santa Catarina

O setor metal mecânico do Estado de Santa Catarina conta com uma estrutura produtiva diversificada e concentrada em certas regiões do estado, cabendo destaque para a região Norte e Vale do Itajaí.

O estado aponta a existência de 7.404 empresas do ramo e 99.524 empregos. O setor Metal mecânico catarinense representou em 2009, o equivalente a 24,4% das exportações do estado (SEBRAE, 2010).

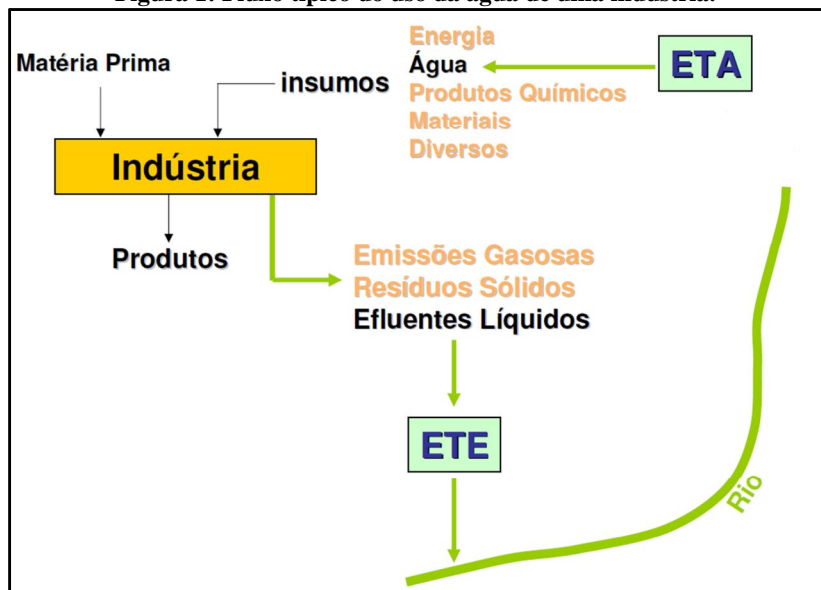
3.2 Água na Indústria

Na indústria Metal mecânica a água é utilizada como fluido auxiliar de diversos processos e atividades como a preparação de suspensões e soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos, como veículo e em operações de lavagem.

O grau de qualidade desta água varia com as exigências do processo a que se destina. Em muitos casos esta água entra em contato com o produto final, com isso seu grau de qualidade é mais restritivo. O uso de água com qualidade menos restritiva é reservado a atividades menos nobres como as que não mantêm contato com o produto final.

Os usos menos nobres da água na indústria são para transporte e assimilação de contaminantes, através das instalações sanitárias, na lavagem de equipamentos e instalações ou para incorporação de subprodutos sólidos, líquidos ou gasosos gerados nos processos industriais (MIERZWA, 2005).

Figura 1: Fluxo típico do uso da água de uma indústria.



Fonte: Autor, 2012.

3.3 Efluente na indústria

Efluente é definido pela Resolução do CONAMA 430 de 13 de maio de 2011 como o termo usado para caracterizar os despejos líquidos proveniente de diversas atividades ou processos. Isto é, a água após sua utilização e consequente contaminação se denomina efluente.

A utilização de água em processos de beneficiamento e transformação da matéria prima em produtos, assim como os usos sanitários de funcionários e a utilização em restaurantes industriais são as principais fontes de efluentes na indústria.

Outra potencial fonte de efluente industrial é o próprio processo de tratamento da água, proveniente de lavagem dos filtros e decantadores (MIERZWA, 2005).

O Efluente Industrial apresenta uma ampla variabilidade das suas características qualitativas e quantitativas. Essas características são inerentes à composição das matérias primas, das águas de abastecimento e do processo industrial. (GIORDANO, 2011). Com isso o efluente pode ser solúvel ou com sólidos em suspensão, com ou sem coloração,

orgânico ou inorgânico, com temperatura elevada ou baixa entre outras variações.

3.3.1 Classificação quanto ao tipo de efluente

Existem dois tipos de efluentes: os efluentes domésticos ou sanitários biodegradáveis (provenientes de banheiros, cozinhas, residências e comércios) e os industriais que podem apresentar toxidez aos microrganismos responsáveis pelo tratamento biológico dos esgotos, toxidez ao tratamento de lodo gerado, risco à segurança de trabalhadores e/ou presença de contaminantes que não são retirados nos tratamentos biológicos comuns (CASTRO ALAOR ET. AL, 2001).

3.3.2 Características do efluente da Metalomecânica

Na indústria metalomecânica os efluentes são provenientes de banhos químicos, águas de lavagem, produtos auxiliares (desengraxantes, desmoldantes, passivadores, etc.), óleos solúveis, para corte ou revestimento de peças, óleos hidráulicos.

Estes efluentes apresentam em sua maioria coloração acinzentada ou alterada, alguns com temperatura superior a ambiente e o pH geralmente aproxima-se dos extremos ácidos ou alcalinos. No caso dos óleos, geralmente verificam-se manchas no solo, nos locais de acúmulo de sucatas e na superfície do próprio efluente.

Informações reais sobre todos os processos geradores de efluente numa indústria metalomecânica é, na sua maioria, um grande desafio para os gerentes da área ambiental. Esta complexidade torna árduo o primeiro passo para definir qualquer tipo de processo de controle ambiental de efluentes, a caracterização do mesmo.

Esta caracterização nos dá o perfil do potencial poluente líquido da empresa, identificando os elementos mais prováveis de contaminação.

Em processo de fosfatização, por exemplo, é possível encontrar elementos como Fe, Zn, CN e Cr^{3+} , prevendo desta maneira, sua tratabilidade.

O efluente exclusivamente sanitário gerado na indústria é composto em sua maior parte, de excrementos humanos líquidos e sólidos, produtos diversos de limpezas, resíduos alimentícios, produtos

desinfetantes e pesticidas. Principalmente dos excrementos humanos, originam-se os microrganismos presentes nos esgotos. O efluente sanitário é constituído de matéria orgânica e inorgânica. A parcela orgânica é composta de: proteínas, açúcares, óleos e gorduras, microrganismos, sais orgânicos e produtos saneantes. Os principais constituintes da parcela inorgânica são sais formados de ânions (cloretos, sulfatos, nitratos, fosfatos) e cátions (sódio, cálcio, potássio, ferro e magnésio) (VON SPERLING, 1996).

Há também geração de efluentes com composições potencialmente tóxicas como os Hidrocarbonetos Aromatizados Polinucleados que são elementos componentes de solventes e são considerados cancerígenos (VALENZUELA, 1999). A presença destes em águas de mananciais de abastecimento apresenta alto risco à saúde humana.

A partir destas características com alto potencial poluidor, surge a necessidade ambiental e a obrigatoriedade por parte da legislação de tratar todo o efluente gerado na indústria.

3.4 Tratamento do Efluente da Indústria

3.4.1 Tratamento do efluente físico-químico

Para Valenzuela (1999), o processo de tratamento físico-químico consiste em coletar e tratar separadamente os resíduos industriais. Estes passam pelo processo de neutralização de ácidos e alcalinos. Tratam-se por oxidação os cianetos, por redução o cromo hexavalente e por quebra de emulsão o óleo solúvel.

Conforme Mierzwa (2005) os processos de tratamento mais utilizados para este tipo de efluente são: neutralização, filtração e centrifugação, precipitação química, oxidação ou redução química, coagulação/floculação e sedimentação/flotação, adsorção em carvão ativado, separação por membranas, troca iônica, ozonização, separação térmica e *stripping* ou extração.

O tratamento físico-químico varia muito conforme o processo de utilização da água. Cada processo deve ser estudado para definição do tratamento adequado a fim de remover parâmetros específicos.

3.4.2 Tratamento do Efluente Sanitário

O processo de tratamento do efluente sanitário consiste na remoção de contaminantes por meio de atividade biológica. Como por exemplo, a remoção da matéria carbonácea a nitrificação e a desnitrificação.

Em termos do efluente industrial pode ser submetido a tratamento biológico, assumem grande importância os seguintes aspectos e conceitos:

- Biodegradabilidade: capacidade dos despejos serem estabilizados por processos bioquímicos, através de microrganismos.
- Tratabilidade: facilidade dos despejos serem tratados por processos biológicos convencionais.
- Concentração de matéria orgânica: DBO dos despejos, o qual pode ser mais concentrado que os despejos sanitários ou domésticos (despejos predominantemente orgânicos, tratáveis por processos biológicos), ou menos concentrada que os despejos sanitários (o caráter poluidor pode ser expresso em termos de outros parâmetros).
- Disponibilidade de nutrientes: o tratamento biológico exige um equilíbrio harmônico entre os nutrientes Carbono:Nitrogênio:Fósforo (C:N:P).
- Toxicidade: alguns despejos industriais possuem constituintes tóxicos ou inibidores, que podem alterar ou inviabilizar o tratamento biológico (VON SPERLING, 2005).

Os tipos mais comuns de tratamento da parcela sanitária dos efluentes industriais são: Lodos Ativados, Aeração prolongada, Filtros biológicos, Reatores anaeróbios do tipo UASB e tratamento por lagoas (Anaeróbias, aeradas ou facultativas) (MIERZWA, 2005).

3.5 Escolha do tratamento

Para a tomada de decisão quanto ao processo a ser adotado para o tratamento dos efluentes deve ser fundamentada de um balanço entre critérios técnicos e econômicos, com a valoração dos méritos quantitativos e qualitativos de cada alternativa. Para que a seleção seja realmente a alternativa mais adequada para configuração em análise, critérios ou pesos devem ser atribuídos a diversas variáveis e aspectos cabíveis à realidade em questão.

De maneira geral, não existe fórmula definida para a escolha, e o bom senso no momento de atribuir a importância de cada variável técnica é essencial.

Mesmo que a questão econômica seja fundamental, deve-se realizar que nem sempre a melhor alternativa é a que apresenta menor custo econômico/financeiro (VON SPERLING, 2005).

Para a escolha do tratamento ideal deve-se primeiro caracterizar o efluente gerado pelas determinações mais comuns utilizadas que são análises laboratoriais de parâmetros físicos (temperatura, cor, turbidez, sólidos, etc.), químicos (pH, alcalinidade, teor de matéria orgânica, metais, etc.) e biológicos (bactérias, protozoários, vírus, etc.) e ter o conhecimento da vazão de efluente (MATERIAL DIDÁTICO DO CIMM – Centro de informações Metal Mecânico). Essas informações são fundamentais para definir o tipo de tratamento, avaliar o enquadramento na legislação ambiental e estimar a capacidade de autodepuração do corpo receptor.

3.6 Estudo de Viabilidade

Viabilidade é o estudo prévio realizado a fim de prever/anteceder o eventual êxito ou fracasso de um projecto. Nesse sentido, tem-se maior segurança na questão de ir ou não a diante no projeto. Este estudo visa tanto a tomada de decisão como a sugestão de possíveis alternativas levando em consideração os aspectos jurídicos, administrativos, comerciais, técnicos e financeiros (CAVALCANTI . *et alii*, 2005).

3.6.1 Viabilidade técnica

A viabilidade técnica é a avaliação da praticidade de uma solução técnica específica e a disponibilidade dos recursos essencialmente técnicos e dos seus respectivos especialistas.

A viabilidade técnica de um sistema de tratamento de efluentes depende de variáveis como: disponibilidade de área, de produtos químicos, de material e de mão de obra especializada, se existe local licenciado para deposição de resíduos, se os equipamentos da estação de tratamento são duráveis, se o clima é propício (alguns tratamentos têm grande variação na eficiência conforme a temperatura ambiente), entre outros fatores técnicos.

3.6.2 Viabilidade econômica

É a avaliação em termos especificamente econômicos dos custos e da eficiência das concepções planejadas.

Critérios econômicos devem ser levados em consideração para classificar as diversas alternativas de projeto e por fim definir a alternativa ideal.

Esta análise inclui uma dimensão temporal e outras características de um cenário de negócios. Consideram-se também as expectativas de retorno.

3.6.3 Conceitos Básicos para análise econômica.

3.6.3.1 Custos e despesas

Em sentido genérico, custo é o esforço (que consome energia física ou mental) ou o dispêndio de bens materiais, para se obter alguma coisa. O produto desse dispêndio poderá ser uma obra intelectual, um bem material ou, ainda, uma satisfação pessoal. Quando o custo envolve valor econômico, ele pode ser medido pelo preço, podendo-se conceituá-lo, neste caso, como: “o preço pelo qual se obtém um bem ou serviço” (FRANCO, 1921).

Custos, de acordo com Martins (2003), “são gastos relativos a um bem ou serviço utilizado na produção de outro bem ou serviço e despesas são os bens ou serviços consumidos direta ou indiretamente para obtenção de receitas”. Ribeiro (1999), seguindo o mesmo conceito, define despesas “como gastos utilizados para a condução das atividades da empresa”.

3.6.3.2 Receitas e ganhos

As receitas constituem a recuperação do custo, como produto da atividade econômica (FRANCO, 1921). No entanto FASB (1976) sugere uma definição restrita de receita na qual a mesma é proveniente da operação principal ou básica da unidade. Este conceito visa diferenciar receita de ganho, pois, ganho é um patrimônio líquido resultante de operações periféricas ou incidentais.

Esse conceito destaca como principal diferencial entre o conceito de receita e ganho a vinculação de receita à atividade operacional e de

caráter recorrente, enquanto o ganho é tratado com um item extraordinário (BRAGA et. al., 2007).

3.6.3.3 Juros

Juros é a remuneração paga por uso de capital durante um determinado período. Em condições normais, todo uso de dinheiro que envolva tempo sempre implicará juros. Por outro lado, se a variável tempo não estiver envolvida, juros não são considerados. Neste caso as operações monetárias podem ser feitas diretamente (SOARES, 2010)

A determinação dos juros é feita pela taxa de juros, definida como a razão entre os juros que serão devidos no fim do período e o capital no início do mesmo período. É expressa por uma fração ou percentagem referida a um determinado período-base, que será usado como unidade de tempo; por exemplo, 12% ao ano ou 0,12 ao ano.

3.6.3.4 Fluxo de Caixa

O investimento consiste em fazer um desembolso no tempo presente para obter receitas contabilizadas através de fluxos de caixa futuros. Para isso adota-se uma representação que permita visualizar cada situação do decorrer do tempo.

Geralmente, as estimativas futuras são realizadas com base em diagramas ou planilhas de fluxo de caixa.

- **Diagrama de fluxo de caixa**

No Diagrama são obedecidas algumas convenções (TORRES, 2006):

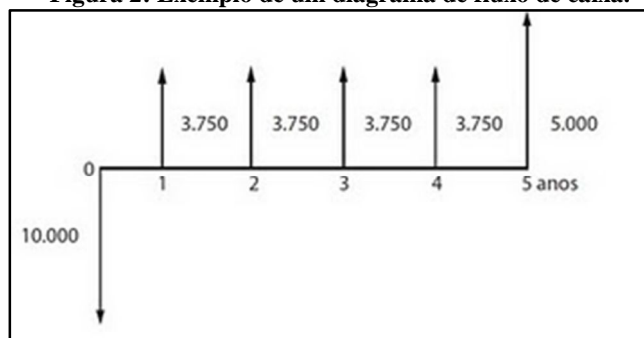
a) A linha horizontal representa intervalos (períodos) de tempos (meses, trimestres, anos, etc.). Os pontos da reta correspondem aos instantes (datas). Vemos que o mesmo ponto (instante) representa o fim de um período ou o início do período seguinte. O período 1 começa no instante 0 e termina no instante 1, onde começa o período 2, e assim por diante.

b) As despesas e receitas são consideradas ocorrendo no fim do período, mesmo que normalmente sejam distribuídas ao longo dele. Esta simplificação do modelo afeta pouco as comparações das alternativas,

uma vez que todas estão sujeitas à mesma regra. Se quisermos maior precisão, basta considerar períodos menores.

c) Os valores são representados por flechas. As flechas para cima (positivas) significam entradas de caixa (receitas). As flechas para baixo (negativas) correspondem a saídas de caixa (despesas). Em consequência da convenção b), só pode haver flecha nos instantes (começo ou fim de um período). Não há escala vertical; os valores são indicados numericamente sobre as flechas ou ao lado.

Figura 2: Exemplo de um diagrama de fluxo de caixa.



Fonte: Autor, 2012.

- **Planilha de Fluxo de Caixa**

É uma tabela que relaciona os fluxos líquidos de cada período aos instantes correspondentes. A tabela a seguir representa uma planilha de fluxo de caixa com os valores do exemplo anterior.

Tabela 1: Exemplo de uma planilha de fluxo de caixa.

Tempo (anos)	Valor (R\$)
0	-10.000
1	3.750
2	3.750
3	3.750
4	3.750
5	5.000

Fonte: Autor, 2012.

3.6.3.5 Taxa mínima de atratividade (TMA)

Para uma tomada de decisão um fator extremamente importante a ser considerado é a Taxa Mínima da Atratividade que representa o mínimo que um investidor propõe a ganhar quando faz um investimento, ou o máximo que o pagador se propõe a pagar ao fazer um financiamento.

Afirma-se que esta taxa atrativa mínima i é considerada constante durante todo o horizonte do projeto. Não é necessariamente uma taxa comumente realizada no mercado, mas é a taxa que expressa a avaliação do valor temporal do dinheiro, e inclui uma margem para as incertezas (TORRES, 2006).

3.6.4 Metodologias de análise econômica

3.6.4.1 Valor presente líquido (VPL)

Esta técnica é também denominada como “Método de avaliação de fluxos de caixa descontados” e proporciona uma comparação entre o valor do investimento e o valor dos retornos esperados (na forma de fluxo de caixa líquido) com todos os valores considerados no momento atual.

Deve-se lembrar de que toda análise de investimento é realizada do ponto de vista daquele que investe, ou seja, aquele que desembolsa recursos com a expectativa de obter retornos futuros (BROM, 2007).

Este é o método que melhor demonstra o retorno de um investimento e é dado pela seguinte expressão:

$$VPL_i = \sum_{k=0}^n \frac{V_k}{(1+i)^k}$$

Onde o projeto de investimentos é representado economicamente por um fluxo de caixa com valores V_k no instante k , $k=0, \dots, n$; e será viável, a uma taxa atrativa mínima i , se:

$$VPL_i \geq 0$$

Assim, o projeto será inviável economicamente se $VPL_i = 0$.

Sobre a regra de decisão, leva-se em consideração que com frequência, há situações em que o retorno do investimento não é explicitado. Por exemplo, na aquisição de um equipamento, cujos benefícios na forma de fluxos de caixa são de difícil apuração. Nesse caso, avalia-se apenas, entre as alternativas, aquela que apresentar menor preço de aquisição, em valor presente (basta calcular o “valor presente” do investimento) (BROM, 2007).

3.6.4.2 Período de Payback

Esse método apura o tempo necessário para que um determinado investimento seja recuperado ou, ainda, para que retorne ao investidor.

- **Payback simples**

Para obter o payback simples de um projeto de investimento, basta verificar o tempo necessário para que o saldo do investimento (soma dos fluxos de caixa gerados pelo investimento) seja igual a zero. Ocorre quando o custo do capital do investimento não é considerado.

Por exemplo, uma empresa investe R\$ 60 mil em um equipamento e os fluxos de caixa incrementais são estimados de R\$ 20 mil por ano. O valor residual do equipamento é considerado nulo. Para calcular o payback simples do projeto, bastaria verificar o período em que o saldo tornou-se igual a zero (CUNHA, 2010). Um exemplo de cálculo é ilustrado pela tabela a seguir:

Tabela 2: Exemplo de cálculo de payback simples.

Tempo (anos)	Valor (R\$ mil)	Saldo(R\$ mil)
0	-60	-60
1	20	-40
2	20	-20
3	20	0
4	20	20
5	20	40

Fonte: Autor, 2012.

Observa-se que o payback simples resultou num período de três anos para a recuperação do capital investido. Se o critério da empresa fosse um período de payback de quatro anos, este seria um projeto viável.

- **Payback descontado**

Conforme Brom (2007), o payback descontado refere-se ao tempo necessário o investimento realizado mais o retorno mínimo exigido pelo investidor (investimentos e retornos são considerados em valor presente).

Com relação ao exemplo anterior, para calcular o payback descontado do projeto, bastaria determinarmos o saldo acumulado dos valores presentes dos fluxos de caixa. Neste caso, o payback descontado seria igual a aproximadamente 6 anos. Já que o custo de capital foi considerado igual a 25% a.a.. A tabela a seguir mostra os valores calculados:

Tabela 3: Exemplo de cálculo de payback descontado.

Tempo (anos)	Valor (R\$ mil)	Valor presente do Fluxo de Caixa (R\$ mil)	Saldo a Valor Presente (R\$ mil)
0	-60	-60,00	-60,00
1	20	16,00	-44,00
2	20	12,80	-31,20
3	20	10,24	-20,96
4	20	8,19	-12,77
5	20	6,55	-6,21
6	20	5,24	-0,97
7	20	4,19	3,22
8	20	3,36	6,58
9	20	2,68	9,26
10	20	2,15	11,41

Fonte: Autor, 2012.

Nesse caso, o valor do payback encontrado é superior ao payback simples, que havia sido igual a três anos. Assim se o critério de

tolerância da empresa fosse de 4 anos, este projeto seria classificado como inviável.

3.7 Requisitos Legais

Os principais requisitos legais que norteiam e regulamentam o lançamento de efluentes tratados em corpos d'água e os respectivos limites, especificamente em Brusque no Estado de Santa Catarina, Brasil são:

3.7.1 No contexto Federal

- **Resolução do CONAMA 357, de 17 de março de 2005**

“Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento e dá outras providências.”

Esta resolução classifica as águas doces, salobras e salinas do Território Nacional conforme o uso preponderante em classes de qualidade. Para a classificação dos corpos d'água, parâmetros de referência são listados nesta resolução.

- **Resolução do CONAMA 430, de 13 de maio de 2011**

“Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº357/2005, do CONAMA.”

Esta resolução altera e complementa a resolução do CONAMA 357, ficando desta maneira mais detalhada e apresenta com maior clareza a definição da aplicação da nova resolução para lançamento direto de efluentes, além de terem sido incluídas novas definições.

3.7.2 No contexto Estadual

- **LEI Nº 14.675, de 13 de abril de 2009**

“Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências”

A Lei Estadual também apresenta, de forma mais restrita que as Resoluções Federais, condições e padrões de lançamento de efluentes conforme é apresentado no seu Art. 177:

“...Seção II

Dos Recursos Hídricos...

...Art. 177. Os efluentes somente podem ser lançados direta ou indiretamente nos corpos de água interiores, lagunas, estuários e na beira-mar quando obedecidas às condições previstas nas normas Federais e as seguintes:

I - pH entre 6,0 e 9,0...”

3.7.3 No contexto Municipal

- **LEI N° 2627, de 25 de junho de 2002**

“Institui a Política Municipal do Meio Ambiente e dá outras providências”

Esta Lei Municipal não prevê limites de lançamento, mas cita:

“...Art. 11...

...I – A instalação e manutenção de equipamentos ou a utilização de métodos para o tratamento e redução e monitoramento de efluentes ou rejeitos poluidores;...”

4 METODOLOGIA

4.1 Local de Estudo

O Estudo se deu numa Indústria Metalomecânica localizada no Vale Europeu do estado de Santa Catarina, especificamente no município de Brusque. Com mais de 50 anos de atuação, a Indústria possui consolidação no setor de fabricação de peças para o setor automobilístico e trabalha com matérias primas como Aço e Alumínio.

A Indústria atua na fabricação de Impulsores de Partida, Planetárias, Polias de Roda Livre e Rígidas, para aplicação em motores de partida e alternadores, além desses produtos há também a linha de Tensionadores para linha mecânica e Placas de Partida e Tensor de corrente, para o mercado de moto peças. Conta também com uma estrutura de processos com Alumínio que fabrica mancais para alternadores e motores de partida e oferece seus serviços de injeção a terceiros.

Com mais de mil e cem colaboradores diretos esta indústria está presente em todos os continentes do planeta, exportando para mais de 60 países.

4.2 Número de funcionários e turnos:

A Empresa trabalha em média 22 dias por mês, considerando que sábado é meio turno. São três turnos (Produção), ou seja, 24 horas.

Os turnos de produção são distribuídos da seguinte forma:

- Primeiro turno: das 05h às 13h30min (segunda à sexta-feira)
- Segundo turno: das 13h às 23h45min (segunda-feira às 13h30min às 22h (terça-feira à quinta-feira)
das 09h às 13h (sábado)
Terceiro turno: das 22h às 05h (segunda-feira à sexta-feira) e das 22h às 05h (domingo para segunda)

Há também os turnos da administração (Geral):

- das 07h às 17h ou das 07h30min às 17h30min (segunda-feira à quinta-feira)
- das 07h às 15h30min (sexta-feira)

O número de funcionários por turno é distribuído da seguinte maneira:

- Primeiro turno:365
- Segundo turno:385
- Terceiro turno:127

- Quarto turno (geral): 51
- Quinto turno (geral): 150

TOTAL da Indústria: 1087

O número de refeições servidas pelo restaurante da empresa é aproximadamente 600 refeições por dia.

4.3 Processos de produção

A produção de peças se dá através de “Linhas de produção” específicas para cada tipo de matéria prima, formato da matéria prima e produto final.

No setor de Aço são quatro linhas de produção que pode ser dividida conforme a forma da matéria prima. São elas: bobina de aço, bobinas de chapas, bobinas de arame, e barras de aço.

Para o Alumínio, existe somente uma linha, a de injeção que utiliza lingotes e sucata de alumínio como matéria prima.

As principais atividades com o Aço realizadas são: corte, conformação, trefilação, tratamentos térmicos, tratamentos com banhos de fosfato, tamboreamento, jateamento, lavagem, usinagem, ensaios em laboratórios, montagem, embalagem e expedição.

Já o alumínio sofre os processos de fundição, injeção, acabamento, usinagem, tratamento com banhos de fosfato, montagem embalagem e expedição.

Os fluxogramas completos de produção e áreas de apoio à produção se apresentam no ANEXO 1.

4.4 Caracterização da rede coletora

Atualmente todo efluente gerado na indústria, seja ele sanitário ou industrial, é coletado por uma rede de tubulações de PVC com aproximadamente 0,5 km de extensão total e em sua maior parte com diâmetro de 100mm.

O sistema de coleta apresenta uma configuração antiga e possui alguns mecanismos isolados de tratamento como Fossas-filtros e Sistemas de separação água/óleo (SAO) em concreto enterrado com volumes variados (Figura 3).

Figura 3: Caixas separadoras de água/óleo enterradas (SAO).



Fonte: Autor, 2012.

O efluente exclusivamente sanitário, antes de atingir o tanque final, passa por sistemas fossas-filtros localizados imediatamente após os pontos de geração (sanitários e restaurante). Nesse sentido, o efluente exclusivamente industrial passa por Sistemas de separação de água/óleo imediatamente após cada ponto de geração.

Os sistemas citados apresentam baixa eficiência de tratamento para a produção atual. Com isso torna-se essencial o tratamento do efluente em uma estação dimensionada para tal fim.

Como a indústria em questão não possui uma estação de tratamento de efluentes, tudo o que é coletado é direcionado para um tanque pulmão final (Figura 4) onde o efluente sanitário e o industrial se misturam e são bombeados para tratamento numa estação terceirizada externa a fábrica.

Figura 4: Tanque pulmão final.



Fonte: Autor, 2012.

A estação de recalque possui sistemas moto-bombas (sendo um reserva) com capacidade de 12 m³/h. O efluente é então enviado tubulação para uma estação de tratamento de efluentes terceirizada.

Figura 5: Sistemas moto-bombas para recalque.



Fonte: Autor, 2012.

4.5 Caracterização do tratamento atual dos efluentes

O tratamento de efluentes da Indústria é realizado junto a uma empresa terceirizada, através de processos biológicos e físico-químicos em nível secundário, o que confere uma eficiência média de 80% na redução da carga poluidora.

4.6 Controle da geração

Para obter o controle da geração de efluentes químicos industriais, foi feito um acompanhamento em cada setor gerador e foram consultados os responsáveis de cada processo para adquirir informações como a frequência de descargas, o volume, qual produto é utilizado e sua concentração.

4.6.1 Vazão

Sabe-se que a vazão de águas residuárias industriais está diretamente ligada no tipo de processo e na empresa estudada os processos apresentam uma significativa variabilidade. A variabilidade no processo resulta em uma grande variação da vazão do efluente final.

Para o estudo de viabilidade técnica, é essencial ter o conhecimento da vazão. Através desse conhecimento tem-se o controle de geração de efluentes, que serve para dimensionar a estação, assim como para detecção de quaisquer problemas no processo.

A medição de vazão no caso deste estudo foi realizada por um macromedidor digital da Siemens modelo MAG 6000 (Figura 6 e Figura 7**Erro! Fonte de referência não encontrada.**) localizado imediatamente após a bomba de recalque final. A medição da vazão total acumulada foi registrada de Janeiro até Julho de 2012 e comparada com a vazão estimada. A vazão teórica foi calculada através de metodologias obtidas em literatura (Macrus Von Sperling) e será descrita a seguir.

Figura 6: Visor digital do Medidor de vazão final.



Fonte: Autor, 2012.

Figura 7: Medidor de vazão final.



Fonte: Autor, 2012.

- **Industrial**

Para a estimativa teórica da vazão de efluente industrial foi elaborada uma tabela de frequência, volume, fonte e produto químico utilizado. Com os valores contidos nessa tabela é possível calcular a vazão média do efluente químico (em m^3/h). Segue a tabela:

Tabela 4: Tabela de controle de descargas químicas.

Geração de Efluentes Químicos				
Área	Especificação	Volume (L)	Frequência	Produto químico utilizado
Tratamento térmico	Lavadora 1			
	Lavadora 2			
	Lavadora 3			
	Lavadora 4			
	Vibroacabamento			
Conformação	Tanque 1			
	Tanque 2			
	Tanque 3			
	Tanque 4			
Linha de Banhos	Água			
	Ativador			
	Neutralizante			
	Desengraxante			
Lavação na Montagem	Lavadora			
Lavação Alumino	Lavadora 1			
	Lavadora 2			
Manutenção Mecânica	Caldeira			
ETA	Tanques e tubulações			

Fonte: Autor, 2012.

• Sanitária

Para calcular o valor estimado da vazão média de efluente sanitário dos banheiros foi utilizado o processo de cálculo da vazão doméstica média utilizada por Von Sperling, (2005, pg. 77) que é dada por:

$$Q \text{ é } \frac{Pop. \cdot P.}{1000} \quad (m^3/d)$$

Onde,

$Q_{d \text{ med}}$ = Vazão média de efluente sanitário (m^3/d)

QPC = Quota per capita de água (L/hab.d)

R = Coeficiente de retorno esgoto/água

Pop. = População

QPC para indústria = de 50 a 80 (L/hab.d) = adotado 60 (L/hab.d)

R = adotado 0,8 (80%)

Já para a contribuição sanitária proveniente do restaurante industrial utilizou-se a mesma fórmula supracitada, mas com o Pop. = Número de refeições servidas e o QPC = quota por refeição de água e igual a 20 L/unid.d.

4.7 Amostragem e análise

Para a caracterização do efluente da Indústria Metal mecânica em questão foram feitas três amostragens do efluente final contido no tanque de recalque para posterior análise em laboratório. Lembrando que nesse tanque os efluentes industriais e sanitários se encontram misturados por agitação natural das quedas d'água (2 entradas).

A primeira amostragem foi simples para caracterização do efluente e contava com 46 parâmetros para análise conforme o quadro a seguir:

Quadro 1: Parâmetros analisados.

Cloreto	Óleos e graxas Totais	Sólidos Dissolvidos Totais Voláteis
Temperatura	Óleos e graxas Minerais	Sólidos Dissolvidos Totais Fixos
DBO	Óleos e graxas Animais e vegetais	Sólidos Suspensos Totais Voláteis
DQO	Sólidos Totais	Sólidos Suspensos Totais Fixos
Sólidos Sedimentáveis	Sólidos Dissolvidos Totais	Estanho
Alcalinidade Total	Sólidos Suspensos Totais	Fenol
Sulfito	Sólidos Totais Voláteis	Ferro
Cianeto	Sólidos Totais Fixos	Fósforo Total
Sulfeto	Ortofosfato Total	Sufractantes
Cromo hexavalente (Cr VI)	Turbidez	Nitrogênio Total
Sódio	Cor Aparente	pH
Nitrogênio Amoniacal	Cor Verdadeira	Mercúrio
Alumínio	Cromo	Zinco
Níquel	Prata	Chumbo
Arsênio	Cádmio	Manganês
Cobre		

Fonte: Autor, 2012.

A segunda e a terceira amostragem foram compostas, isto é, foram coletados três volumes (um em cada turno) no decorrer de dois dias de trabalho. Os três volumes coletados em cada dia formam um único volume para análise, o que resultaria em dois volumes finais (dois dias).

A tabela a seguir apresenta o programa de amostragem:

Tabela 5: Programa de amostragem composta.

	Segunda-feira	Quinta-feira	Total final
1º Turno (manhã)	1 coleta	1 coleta	
2º Turno (tarde)	1 coleta	1 coleta	
3º Turno (noite)	1 coleta	1 coleta	2 volumes a serem analisados
Total	1 Volume Final (mistura das 3 coletas)	1 Volume Final (mistura das 3 coletas)	

Fonte: Autor, 2012.

E os parâmetros analisados foram:

Quadro 2: Parâmetros analisados na amostragem composta.

DBO	Sólidos Totais	Ortofosfato Total	Nitrogênio Amoniacal
DQO	Sólidos Dissolvidos Totais	Sufractantes	Alumínio
Sólidos Sedimentáveis	Sólidos Suspensos Totais	Cromo hexavalente (Cr VI)	Níquel
Cianeto	Estanho	Nitrogênio Total	Zinco
Óleos e graxas Totais	Ferro	Sódio	Cádmio
Óleos e graxas Minerais	Fósforo Total	pH	

Fonte: Autor, 2012.

4.8 Laboratório

As análises dos parâmetros foram realizadas por Laboratório terceiro especializado e renomado. Este Laboratório atende as exigências contidas na resolução do CONAMA 430, de 13 de maio de 2011 em seu Art. 26 que cita:

“Art. 26. Os ensaios deverão ser realizados por laboratórios acreditados pelo Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial-INMETRO ou por outro organismo signatário do mesmo acordo de cooperação mútua do qual o INMETRO faça parte ou em laboratórios aceitos pelo órgão ambiental competente.

§ 1o Os laboratórios deverão ter sistema de controle de qualidade analítica implementado.

§ 2o Os laudos analíticos referentes a ensaios laboratoriais de efluentes e de corpos receptores devem ser assinados por profissional legalmente habilitado.”

4.8.1 Comparativo com a legislação

Para fazer o comparativo dos resultados das análises com os limites legais foram elaboradas as seguintes tabelas (**Tabela 6** e **Tabela 7**):

Tabela 6: Comparativo com a legislação- Parte 1.

Características do efluente				Legislação		Eficiência de Remoção Necessária (%)	Unidade
Parâmetros	Valor amostra simples	Valor amostra composta	Valor amostra composta	CONAMA 430	Lei 14.675/2009 Código Estadual do Meio Ambiente		
Cloreto							mgCl/L
Temperatura				< 40°C			°C
DBO				60% de remoção	60mg/l ou 80% de remoção		mg DBO5/L
DQO							mg O2/L
Sólidos Sedimentáveis				1,0			ml/L
Alcalinidade Total							mg CaCO3/L
Sulfito							mg SO3/L
Cianeto				1,0			mg CN/L
Óleos e graxas Totais				100,0			mg OG/L
Óleos e graxas Minerais				20,0			mg OG/L
Óleos e graxas Animais e vegetais				50,0	30,0		mg OG/L
Sólidos Totais							mg Sól. Totais/L
Sólidos Dissolvidos Totais							mg Sól. Dissolvidos Totais/L
Sólidos Suspensos Totais							mg Sól. Suspensos Totais/L
Sólidos Totais Voláteis							mg Sól. Totais Voláteis/L
Sólidos Totais Fixos							mg Sól. Totais Fixos/L
Sólidos Dissolvidos Totais Voláteis							mg Sól. Dissolvidos Totais Voláteis/L
Sólidos Dissolvidos Totais Fixos							mg Sól. Dissolvidos Totais Fixos/L
Sólidos Suspensos Totais Voláteis							mg Sól. Suspensos Totais Voláteis/L
Sólidos Suspensos Totais Fixos							mg Sól. Suspensos Totais Fixos/L

Fonte: Autor, 2012.

Tabela 7: Comparativo com a legislação- Parte 2.

Características do efluente				Legislação		Eficiência de Remoção Necessária (%)	Unidade
Parâmetros	Valor amostra simples	Valor amostra composta	Valor amostra composta	CONAMA 430	Lei 14.675/2009 Código Estadual do Meio Ambiente		
Estanho				4,0			mg Sn/L
Fenol				0,5	0,2		mg Fenol/L
Ferro Total							mg Fe/L
Fósforo Total					4,0 ou red. De 75%		mg de P/L
Sulfeto				1,0			mg S-2/L
Ortofosfato Total							mg p/L
Tensoativos Sufractantes					2,0		mg MBAS/L
Cromo hexavalente (Cr VI)				0,1	0,1		mg Cr VI/L
Turbidez							NTU
Nitrogênio Total							mg N/L
Sódio							mg Na/L
Cor Aparente							UC
Cor Verdadeira							UC
pH				Entre 5,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0		-
Nitrogênio Amoniacal				20,0			mg N/L
Alumínio							mg Al/L
Cromo							mg Cr/L
Mercurio				0,01	0,01		mg Hg/L
Níquel				2,0	1,0		mg Ni/L
Prata				0,1	0,02		mg Ag/L
Zinco				5,0	1,0		mg Zn/L
Arsênio				0,5	0,1		mg As/L
Cádmio				0,2	0,1		mg Cd/L
Chumbo				0,5			mg Pb/L
Cobre				1,0	0,5		mg Cu/L
Manganês				1,0	1,0		mg Mn/L

Fonte: Autor, 2012.

4.9 Características do lançamento em corpo d'água

O corpo d'água que receberá o efluente tratado é o Rio Itajaí Açu, classificado como Classe II pelas diretrizes da Resolução do CONAMA 357, de 17 de março de 2005.

4.10 Levantamento das alternativas comerciais de Estações de Tratamento de Efluentes

Para o levantamento das alternativas comerciais procurou-se três empresas da região do Sul do Brasil que fabricam estações de Estações de Tratamento de Efluentes industriais e são comumente encontradas em indústrias com características parecidas com a estudada. As empresas apresentaram propostas comerciais dimensionadas para o caso específico da Indústria Metal Mecânica em questão. Elas foram denominadas “Empresa A”, “Empresa B” e “Empresa C” e suas propostas são respectivamente “Proposta A”, “Proposta B” e “Proposta C”.

4.11 Avaliação das alternativas

A avaliação se procedeu de maneira multicriterial levando em consideração algumas prioridades exigidas pela diretoria da empresa, como baixa necessidade de mão de obra, grande automação, pequena área útil, menor custo de manutenção, facilidade de ampliação e de transporte. Para a comparação das alternativas, quadros multicritérios foram elaborados conforme ilustrado a seguir:

4.11.1 Quadro multicriterial

Quadro 3: Quadro multicriterial – Parte 1

Empresas	Origem	Capacidade de tratamento (m³/h)	Área (m²)	Ruído (dB)		Odor	Energia		Lodo		Operador	Obra civil	
				S/N	Quanto		Cons. (kWh)	*Custo (R\$/mês)	Quantidade de (Kg/dia)	**Custo (R\$/mês)		S/N	Custo
A													
B													
C													

Fonte: Autor, 2012.

Quadro 4: Quadro multicriterial – Parte 2

Empresas	Prods. Químicos		Manutenção		Garantia	Amplia	Transporta	Tipo de tratamento	Material	Preço geral (R\$)	Pós	Contras	Custo unitário de operação
	S/N - Qual?	Custo (R\$/mês)	Descrição	Custo (R\$/Mês)									R\$/m³
A													
B													
C													

Fonte: Autor, 2012.

Os critérios apresentados no quadro abrangem questões econômicas e técnicas e sofreram avaliação separadamente.

4.11.2 Avaliação técnica

A avaliação técnica englobou a disponibilidade de área, a proximidade do final da rede coletora com a área disponível, a disponibilidade de equipamentos que não são contemplados nas propostas comerciais, condições das tubulações, diâmetro das tubulações, capacidade de controle da geração de odores e ruídos (vizinhança e legislação), facilidade para a destinação do lodo seco gerado, necessidade de operador, necessidade de obras civis, acesso à fonte de energia elétrica, qualidade do material da estação assim como o layout da estação.

4.11.3 Avaliação econômica

Para avaliação econômica foram utilizados os métodos anteriormente explicados:

- VPL
- Payback Descontado

Foi montada uma planilha na ferramenta computacional Excel englobando todos os cálculos dos métodos supracitados. As propostas foram analisadas uma a uma para atingir a decisão econômica.

O setor financeiro da Indústria em concordância com a diretoria alegou que a TMA (Taxa mínima de atratividade) é igual a 10%, o tempo de retorno do investimento deve ser de **no máximo 10 anos** e para a depreciação, o valor a ser considerado é de **10% a.a.**

Os dados de custos fornecidos pelas empresas que elaboraram a proposta incluem os gastos de investimento (Preço do equipamento, obras civis de instalação e licenciamento ambiental) e os gastos mensais de operação e manutenção (Energia elétrica, tratamento e destinação do lodo, operador e produtos químicos).

O custo unitário final de operação (preço por metro cúbico tratado) foi calculado através dos gastos mensais e fornecidos pelas empresas que realizaram as propostas.

4.12 Método da definição da viabilidade

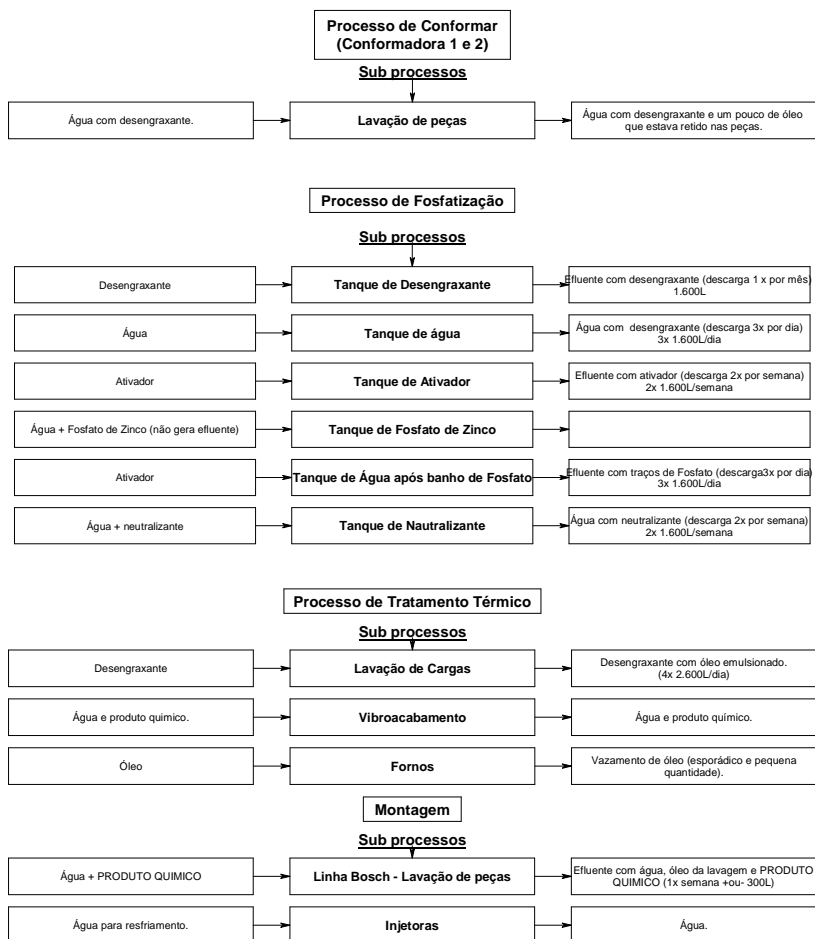
A viabilidade de implantação de uma estação de tratamento de efluentes industriais foi decidida pelos resultados das avaliações técnicas e econômicas e ainda por fim um levantamento de critérios intangíveis foi considerado. Tudo foi avaliado e discutido em conjunto com a gerência e a direção da empresa que tomou a decisão final.

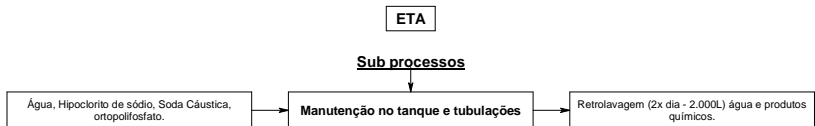
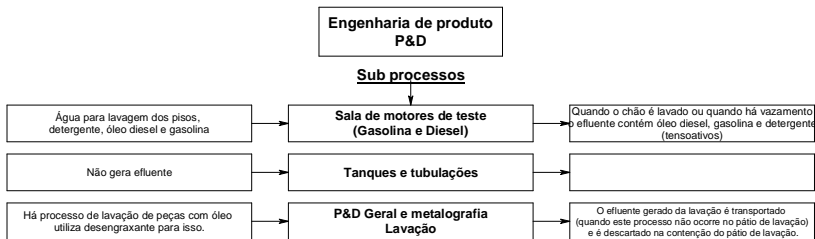
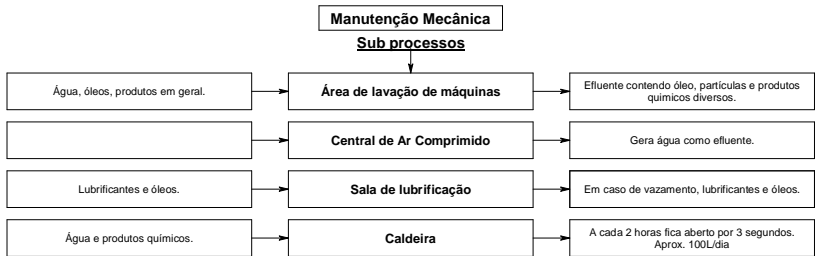
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Balanço de entradas e saídas:

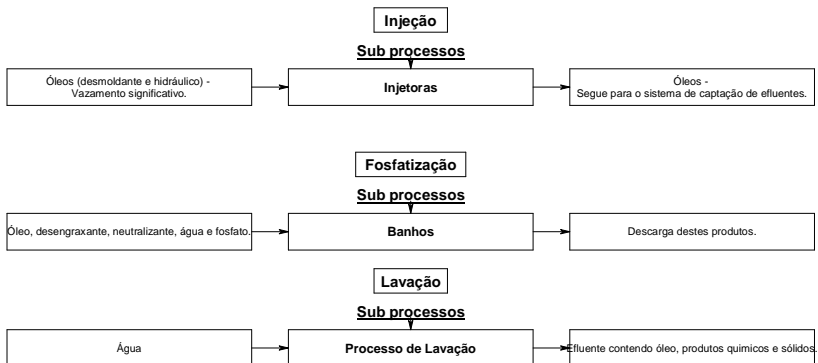
Para fazer uma previsão das características qualitativas e quantitativas do efluente que será gerado, um fluxograma de entradas e saídas foi montado para facilitar a visualização. Os fluxogramas foram divididos pelo tipo de matéria prima utilizada. São eles:

- Aço:





- Alumínio:



5.2 Geração de efluentes exclusivamente industriais

Através do acompanhamento realizado nos primeiros meses de estudo nos processos da Indústria, ficou constatado que nem todos geram efluentes líquidos. Em muitos deles, o circuito de utilização de água é fechado e não há conexão com a rede de efluentes.

Contudo, há geração significativa de efluentes químicos na linha de banhos, nos processos de lavação de peças e moldes, no vibroacabamento, nas lavadoras dos setores de tratamento térmico, conformação, montagem e no setor de alumínio.

5.2.1 Vazão industrial:

Analisando os processos obtiveram-se os seguintes valores que preenchem a tabela a seguir:

Tabela 8: Tabela de controle de descargas químicas com valores.

Geração de Efluentes Químicos				
Área	Especificação	Volume (L)	Frequência	Produto químico utilizado
Tratamento térmico	Lavadora 1	2.600	Quinzenal	Quaker fórmula B12 a 12%
	Lavadora 2	2.600	Quinzenal	Quaker fórmula B12 a 6%
	Lavadora 3	2.600	Quinzenal	Fuchs Aktiv 36 a 1%
	Lavadora 4	2.600	Quinzenal	Fuchs Aktiv 36 a 3%
	Vibroacabamento	275/ processo	Diário	-
Conformação	Tanque 1	1.000	Mensal ou a cada 45 dias	Desengraxante a 12%
	Tanque 2	1.000		Desengraxante a 8%
	Tanque 3	500		
	Tanque 4	500		
Linha de Banhos	Água	2 x 1600	A cada turno (3x/dia)	Água com resíduos dos produtos
	Ativador	1.600	2x/semana (terceiro turno)	Zwez Cond ZN 20 a 0,06%
	Neutralizante	1.600	2x/semana (terceiro turno)	Zwez Rinse B a 0,17%
	Desengraxante	1.600	Mensal (terceiro turno)	Zwez Clean 5340/1 a 5%
Lavação na Montagem	Lavadora	300	Semanal	Gardoclean Vp 4793 L2
Lavação Alumino	Lavadora 1	200	A cada 2 meses	Quakerclean 2600 a 6,8%
	Lavadora 2	200	A cada 2 meses	Quakerclean 2600 a 6,8%
Manutenção Mecânica	Caldeira	100	Diário	Água de caldeira
ETA	Tanques e tubulações	4000	Diário	Água de retrolavagem

Fonte: Autor, 2012.

A descrição das características dos produtos químicos se encontram no ANEXO 2.

A soma das contribuições individuais em um mês resulta no valor total de 504.650,00 L.

Desse total, obtém-se 16,82 m³/d, e assim **0,70 m³/h** de efluente químico.

5.2.2 Compostos característicos dos processos de tratamento de peças por linha de banhos (fosfatização):

Os resíduos líquidos do processo de tratamento por banhos (linha de banhos) de fosfatização se originam nos seguintes pontos:

- Extravasores dos tanques de preparação e lavagem de superfícies metálicas. Esses banhos poderão ser compostos por solventes orgânicos dos óleos e graxas (hexano, tetracloreto de carbono, tricloroetileno, benzol etc.), além de banhos ácidos e alcalinos.
- Extravasores dos tanques de lavagem das peças retiradas dos banhos ácidos e alcalinos.
- Descarga de fundo dos tanques, para renovação completa dos banhos.
- Respingos entre os tanques, por ocasião de transferência dos objetos de uma unidade para outra.
- Vazamento de tanques e canalizações.

5.3 Geração de efluentes exclusivamente sanitários

A vazão exclusivamente sanitária foi estimada pelo número de funcionários ativos na Indústria e pelo número de refeições servidas pelo restaurante industrial da seguinte maneira:

5.3.1 Vazão Sanitária:

- **Banheiros**

Estimativa de vazão do efluente sanitário (BANHEIROS):
Conforme Marcus Von Sperling:

$$Q \quad \acute{\text{e}} \quad \frac{Pop. \cdot P.}{1000} \quad (\text{m}^3/\text{d})$$

Onde,

$Q_{d\ med}$ = Vazão média de efluente sanitário (m^3/d)

QPC = Quota per capita de água (L/hab.d)

R = Coeficiente de retorno esgoto/água

Pop. = População

QPC para indústria = de 50 a 80 (l/hab.d) = adotado 60 (L/hab.d)

R = adotado 0,8 (80%)

Pop. Na Zen = 1100 colaboradores

Com isso, o $Q_{d\ med} = 52,8\ m^3/d = \mathbf{2,2\ m^3/h}$ dos banheiros.

- **Restaurante**

Estimativa de vazão do efluente sanitário (COZINHA):

Conforme Marcus Von Sperling:

$$Q \quad \acute{\text{e}} \quad \frac{. \quad P \quad .}{1000} \quad (m^3/d)$$

Onde,

$Q_{d\ med}$ = Vazão média de efluente sanitário (m^3/d)

QPC = Quota por refeição de água (L/unid.d)

R = Coeficiente de retorno esgoto/água

Ref. = Numero de refeições servidas/d

QPC para restaurante industrial = de 15 a 30 (l/unid.d) = adotado 20 (L/unid.d)

R = adotado 0,8 (80%)

Número de refeições na Zen= 600 refeições

Com isso, o $Q_{d\ med} = 9,60\ m^3/d = \mathbf{0,4\ m^3/h}$ do restaurante.

No total:

$2,2\ m^3/h + 0,4\ m^3/h = \mathbf{2,8\ m^3/h}$ de efluente sanitário.

5.3.2 Vazão total

- **Teórica**

A vazão total teórica resultou no valor de 3,5 m³/h, pela soma da parcela sanitária e industrial.

- **Real**

Para obter o resultado da vazão média total real (em m³/h) foi tirada a média dos registros mensais do medidor digital que formaram a seguinte tabela no ano de 2012:

Tabela 9: Tabela das medidas de vazão final.

Tabela 1 - Vazão em m³/h e Média de Vazão (m³/h)						
Ano	mês	Vazão de Efluente Tratado Mensal	Média Diária	Total anual	Média Anual	Vazão em m³/h
2012	jan	1347	43,45	9612	801,00	1,81
	fev	2102	72,48			3,02
	mar	1627	52,48			2,19
	abr	1413	47,10			1,96
	mai	1803	58,16			2,42
	jun	1320	44,00			1,83
	jul		0,00			0,00
	ago		0,00			0,00
	set		0,00			0,00
	out		0,00			0,00
	nov		0,00			0,00
	dez		0,00			0,00
Média (m³/h)=						2,21

Fonte: Autor, 2012.

Da tabela calculou-se a vazão total média em metros cúbicos por hora no ano de 2012 nos meses de Janeiro a Junho, resultando no valor de **2,21 m³/h**. No ano de 2011, a média da vazão foi de 3,25 m³/h.

Esses valores conduziram à proposta de dimensionar uma estação para 5 m³/h, considerando também o limite físico de ampliação da Fábrica. Isto é, a fabrica não tem área para dobrar a produção, fazendo com que o valor de 5 m³/h o tratamento a longo prazo.

5.4 Resultado das análises laboratoriais e comparativo com a legislação

As Tabelas a seguir apresentam os resultados das análises em modo comparativo com a legislação aplicável assim como exibe a eficiência necessária para se enquadrar nos padrões de lançamento em corpo d'água.

Tabela 10: Resultados das análises e comparativo com a legislação- Parte 1.

Características do efluente				Legislação		Eficiência de Remoção Necessária (%) - Considerando o maior valor	Unidade
Parâmetros	Valor amostra simples dia 07/03	Valor amostra composta dia 21/06	Valor amostra composta dia 24/06	CONAMA 430	Lei 14.675/2009 Código Estadual do Meio Ambiente		
Cloreto	12					-	mgCl/L
Temperatura	29,8			< 40°C		-	°C
DBO	976	537	413	60% de remoção	60mg/l ou 80% de remoção	80	mg DBO5/L
DQO	3150	1700	1465			-	mg O2/L
Sólidos Sedimentáveis	0,5	0,2	0,1	1,0		-	ml/L
Alcalinidade Total	58					-	mg CaCO3/L
Sulfito	4					-	mg SO3/L
Cianeto	0,75	0,4	0,35	1,0		-	mg CN/L
Óleos e graxas Totais	2550	378	<10	100,0		96	mg OG/L
Óleos e graxas Minerais	2290	307	<10	20,0		99	mg OG/L
Óleos e graxas Animais e vegetais	298,9			50,0	30,0	90	mg OG/L
Sólidos Totais	1317	924	1008			-	mg Sól. Totais/L
Sólidos Dissolvidos Totais	867	543	665			-	mg Sól. Dissolvidos Totais/L
Sólidos Suspensos Totais	450	141	238			-	mg Sól. Suspensos Totais/L
Sólidos Totais Voláteis	874					-	mg Sól. Totais Voláteis/L
Sólidos Totais Fixos	443					-	mg Sól. Totais Fixos/L
Sólidos Dissolvidos Totais Voláteis	484					-	mg Sól. Dissolvidos Totais Voláteis/L
Sólidos Dissolvidos Totais Fixos	383					-	mg Sól. Dissolvidos Totais Fixos/L
Sólidos Suspensos Totais Voláteis	390					-	mg Sól. Suspensos Totais Voláteis/L
Sólidos Suspensos Totais Fixos	60					-	mg Sól. Suspensos Totais Fixos/L

Fonte: Autor, 2012.

Tabela 11: Resultados das análises e comparativo com a legislação- Parte 2

Características do efluente				Legislação		Eficiência de Remoção Necessária (%)	Unidade
Parâmetros	Valor amostra simples dia 07/03	Valor amostra composta dia 21/06	Valor amostra composta dia 24/06	CONAMA 430	Lei 14.675/2009 Código Estadual do Meio Ambiente		
Estanho	0,005	<0,01	<0,01	4,0	-	-	mg Sn/L
Fenol	0,75			0,5	0,2	73	mgFenol/L
Ferro Total	6,002	8,594	7,462			-	mg Fe/L
Fósforo Total	13,8	17,5	19,1		4,0 ou red. De 75%	75	mg de P/L
Sulfeto	2,64			1,0		62	mg S-2/L
Órtiofosfato Total	40	40,6	56,5			-	mg p/L
Tensoativos Sufractantes	36	17,9	27,8		2,0	94	mg MBAS/L
Cromo hexavalente (Cr VI)	0,03	1,43	1,26	0,1	0,1	93	mg Cr VI/L
Turbidez	1908					-	NTU
Nitrogênio Total	83	128	107			-	mg N/L
Sódio	116,639	111	127			-	mg Na/L
Cor Aparente	4253					-	UC
Cor Verdadeira	585					-	UC
pH	8,58	8,88	8,67	Entre 5,0 e 9,0	Entre 6,0 e 9,0	-	-
Nitrogênio Amoniacal	45,6	3,8	6,4	20,0		56	mg N/L
Alumínio	5,7	2,9	4,7			-	mg Al/L
Cromo	0,03					-	mg Cr/L
Mercurio	0,0004			0,01	0,01	-	mg Hg/L
Níquel	0,02	0,057	0,025	2,0	1,0	-	mg Ni/L
Prata	0,02			0,1	0,02	-	mg Ag/L
Zinco	3,156	4,4	2,4	5,0	1,0	77	mg Zn/L
Arsênio	0,0001			0,5	0,1	-	mg As/L
Cádmio	0,001	0,001	0,001	0,2	0,1	-	mg Cd/L
Chumbo	0,01			0,5		-	mg Pb/L
Cobre	0,144			1,0	0,5	-	mg Cu/L
Manganês	0,366			1,0	1,0	-	mg Mn/L

Fonte: Autor, 2012.

5.5 Propostas para Estação de Tratamento

5.5.1 Empresa A

A primeira proposta foi de uma estação compacta e automatizada para o tratamento dos efluentes gerados nos processos industriais, nas limpezas operacionais, no refeitório e na demanda dos banheiros e vestiários.

O Sistema de tratamento inclui uma separação física prévia de óleos brutos livres, processos biológicos com lodos ativados para posterior encaminhamento ao tratamento físico-químico e ao polimento com um conjunto de filtrações.

O Sistema biológico é composto por três tanques cilíndricos medindo 3,00 metros de diâmetro por 11,80 metros de comprimento (cada) resultando na capacidade de 240 m³, com difusores de ar em seu interior, construídos em fibra de vidro reforçada.

Há na sequência um decantador secundário, uma câmara anóxica, um reservatório de lodo, bombas de recirculação de lodo submersas e um conjunto de comandos elétricos.

O Sistema físico-químico executa os processos de oxidação química, aeração, coagulação, floculação, decantação e filtração. É proposto a reutilização da água tratada pela garantia da eficiência do tratamento.

Os processos citados são executados através de procedimentos físicos e aplicações de produtos químicos e ocorrem automaticamente em fluxo contínuo para tratamento de 5 m³/h de efluentes.

A ETE é constituída de um módulo que contém reservatórios de produtos químicos, caixa de aeração, calha de floculação, painel hidráulico, bancada de testes, decantador, filtro de carvão, painel de controle, casa de bombas, sistema de controle de retro-lavagem e sistema automático de nível por eletrodo.

As dosagens de produtos químicos são feitas automaticamente através de bombas dosadoras, operando por pulsos eletromagnéticos.

Há a necessidade de construção de uma base de concreto armado para suportar o equipamento, um ponto de energia elétrica e pontos de entrada e saída hidráulica no local a ser instalada a ETE.

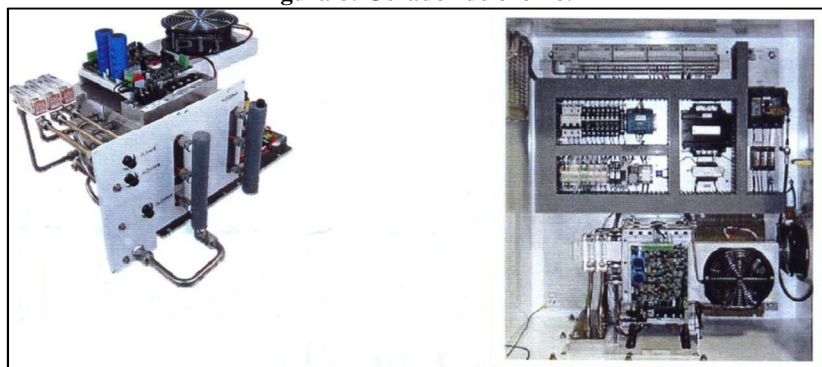
5.5.2 Empresa B

A proposta da empresa B é baseada num processo de ozonização inserido no tratamento biológico somado a um tratamento físico-químico por eletrofloculação para tratar 5m³/h.

O sistema de tratamento biológico é constituído pela sequência de um reator pré-desnitrificador anóxi, um reator anaeróbio com recirculação de lodo, um reator aeróbico, um decantador e um reator de ozônio. Os reatores biológicos são de forma cilíndrica medindo 3 metros por 5 metros (cada). O Reator de ozônio é um tanque em aço inox 304, com capacidade total de 380 litros.

O gerador de ozônio (Figura 8) é um equipamento importado da Suíça com capacidade de gerar 450 gramas de ozônio por hora, possui uma potência de 3.600 W e é controlado automaticamente.

Figura 8: Gerador de ozônio.



Fonte: Autor, 2012.

Para o tratamento físico-químico o efluente passaria por um processo de eletrofloculação em dois reatores eletroquímicos conectados em série. O eletrofloculador (Figura 9) é comandado automaticamente e possui uma potência de 5.000 W.

Figura 9: Eletrofloculador.



Fonte: Autor, 2012.

A estação também apresenta operação em fluxo contínuo e depende de uma base de concreto armado para sustentação.

A empresa garante alta eficiência a ponto de reutilizar a água após o tratamento.

5.5.3 Empresa C

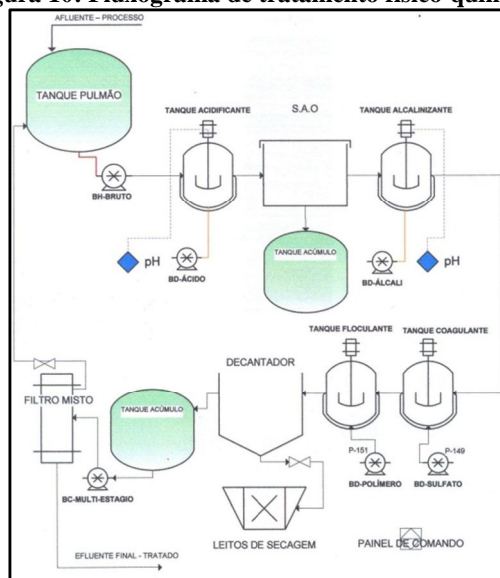
A Empresa C apresentou uma proposta diferenciada de tratamento, onde a rede coletora teria que ser totalmente alterada para a coleta específica do efluente industrial de maneira separada da coleta do efluente sanitário. Cada tipo de efluente seguiria para uma estação diferente. Seriam então duas estações compactas de tratamento. A estação biológica trataria somente o efluente sanitário enquanto a estação físico-química efetuaria o processo de purificação do efluente industrial.

O tratamento biológico se dá pela seguinte sequência de processos: caixa de gordura, gradeamento, desarenador, decantador primário, tanque pulmão (equalizador), tanque de aeração, decantador secundário e tanque de desinfecção.

O tanque de aeração do processo biológico tem formato hexagonal com comprimento de 5 metros e é montado com material patenteado de alta resistência com multicamadas soldadas entre si. O processo de fabricação facilita a modularização e consequentemente a ampliação da ETE.

A estação de tratamento físico-química é composta por um tanque de equalização, um tanque acidificante (com dosador automático) uma caixa de separação de água e óleo (SAO), um tanque alcalinizante (com dosador automático), um tanque de coagulação/floculação, um decantador, um tanque de acúmulo final e um filtro misto. O fluxograma a seguir ilustra o processo.

Figura 10: Fluxograma de tratamento físico-químico.



Fonte: Autor, 2012.

O processo não garante o reúso da água tratada conforme ofertado, mas a empresa oferece sistemas de polimento do efluente tratado para fins de reúso caso haja interesse.

O tratamento também se dá de forma contínua nas duas ETES propostas.

O lodo gerado passa por filtros prensa para remoção da água residual concentrando desta forma os sólidos removidos.

A seguir serão apresentados os quadros com informações niveladas para comparação direta das propostas.

5.6 Quadro multicriterial das propostas

Quadro 5: Quadro multicriterial preenchido– Parte 1

Empresas	Origem	Capacidade de tratamento (m³/h)	Área (m²)	Ruído (dB)		Odor	Energia		Lodo		Operador	Obra civil	
				S/N	Quanto		Cons. (kWh)	*Custo (R\$/mês)	Quantidade (Kg/dia)	**Custo (R\$/mês)		S/N	Custo
A	Laguna	5	228	S	50	N	5	R\$ 580,80	115	R\$ 759,50	Sim - Abertura da descarga de lodo e adição de produto químico - Pode ser um colaborador da Zen. Há treinamento.	S - Base de concreto.	R\$ 22.800,00
B	Porto Alegre	5	153	N	-	N	12	R\$ 1.393,92	24	R\$ 459,20	Sim - Retirada do lodo do filtro prensa - Pode ser um colaborador da Zen. Há treinamento.	S - Base de concreto.	R\$ 22.800,00
C	Joinville	5	163	S	70	N	3,19	R\$ 370,55	128	R\$ 802,40	Sim - 15 min por turno (Inspeção de rotina e Controle operacional)	S - Base de concreto, separação da rede e novo recalque.	R\$ 33.900,00

Fonte: Autor, 2012.

Quadro 6: Quadro multicriterial preenchido– Parte 2

Empresas	Prods. Químicos		Manutenção		Garantia	Ampliação	Transporte	Tipo de tratamento	Material	Preço geral (R\$)	Pós	Contras	Custo unitário de operação
	S/N - Qual?	Custo (R\$/mês)	Descrição	Custo (R\$/Mês)									R\$/m³
A	S - Polímero	R\$ 560,00	Troca de carvão a cada ano - Filtro.	R\$ 150,00	1 ano	S - Modular	S	Convencional com floculação, decantação, filtro aeração e reator anod.	Fibra reforçada	R\$ 271.722,00	Baixa manutenção, fácil operação e controle de qualidade.	Estrutura em fibra (formato não comercial) e valor total.	R\$ 1,85
B	N	-	Bombas, sistema de eletrofloculação, e gerador de ozônio.	-	1 ano	S - Modular	S	Eletrofloculação + Ozonização + biológico	Fibra (Caixas de água comercial)	R\$ 520.000,00	Baixa necessidade de operador - Automatizada.	Alto custo de implantação.	R\$ 0,75
C	S - (Hidróxido de cálcio, hipoclorito de sódio e anti-espumante)	R\$ 875,00	Troca de carvão a cada ano - Filtro.	R\$ 150,00	10 anos nos tanques.	S - Modular	S	Lodo ativado e físico-químico com SAO, neutr., coagu., flocu. Decana, e filtro misto. (Separados)	Material reforçado - Tecnologia Registrada.	R\$ 285.644,00	Material resistente, baixa manutenção, bom controle de qualidade.	Necessidade de obras civis na tubulação (separação).	R\$ 1,80

Fonte: Autor, 2012.

5.7 Avaliação Técnica

A Metal Mecânica estudada apresenta uma área livre para implantação de uma Estação de Tratamento de Efluentes Industriais de aproximadamente 1000 m² bem ao lado do tanque de bombeamento final. No local há acesso à energia elétrica com facilidade, a área tem acesso para caminhões (destinação do lodo), dá para aproveitar as bombas de recalque para a Estação e existe na empresa funcionários que podem ser treinados para se tornarem operadores da ETE (não há necessidade de contratação).

Os layouts das Estações propostas se apresentaram conforme o esperado, ocupando o menor espaço possível e facilitando a operação e manutenção de suas partes.

Não há restrições técnicas para a implantação da ETE na indústria. O projeto é tecnicamente viável.

5.8 Avaliação Econômica

5.8.1 Gastos atuais

No início do ano de 2012 o valor unitário do metro cúbico tratado na empresa terceirizada era de R\$ 3,63 e se manteve assim até o mês de maio. Em junho houve um aumento no preço passando a custar R\$ 3,82. A partir do valor unitário e da medida da vazão mensal obtém o valor final gasto por mês. A média dos gastos mensais (de janeiro a junho de 2012) resultou no valor de R\$ 5.857,06.

A tabela a seguir ilustra os resultados:

Tabela 12: Cálculo dos gastos

Ano	mês	Vazão de Efluente Tratado Mensal	Média Diária	Vazão em m³/h	Valor Unitário R\$	Valor Total R\$
		m³				
2012	jan	1347	43,45	1,81	3,63	4.889,61
	fev	2102	72,48	3,02	3,63	7.630,26
	mar	1627	52,48	2,19	3,63	5.906,01
	abr	1413	47,10	1,96	3,63	5.129,19
	mai	1803	58,16	2,42	3,63	6.544,89
	jun	1320	44,00	1,83	3,82	5.042,40
	jul		0,00	0,00	3,82	0,00
	ago		0,00	0,00	3,82	0,00
	set		0,00	0,00	3,82	0,00
	out		0,00	0,00	3,82	0,00
	nov		0,00	0,00	3,82	0,00
	dez		0,00	0,00	3,82	0,00
Média (R\$) =					5.857,06	

Fonte: Autor, 2012.

5.8.2 Gastos Futuros

Para a previsão de gastos futuros os cálculos se basearam nos valores apresentados nas propostas das três empresas fornecedoras de Estações de Tratamento e nos métodos de análise econômica, previamente citados. Para o Payback descontado foi considerada uma TMA de 10%, um retorno de investimento para 10 anos (máximo) e depreciação de 10% a.a.. Estas considerações foram exigências do setor financeiro da Indústria em concordância com a diretoria.

Lembrando que o gasto de investimento inclui o preço do equipamento, os gastos com obras civis de instalação e o preço do licenciamento ambiental, e os gastos mensais são representados pelos gastos com energia elétrica, tratamento e destinação do lodo, operador e produtos químicos. Considerou-se também que o valor unitário de tratamento (R\$/m³ tratado) foi ponderado pelas empresas que ofertaram o equipamento.

5.8.3 Resultados

Os cálculos feitos em planilha Excel em companhia de funcionários do setor financeiro da empresa e apresentaram os seguintes resultados:

- **Proposta A**

A “Proposta A” prevê um investimento inicial de R\$ 326.544,00, um custo unitário de tratamento de R\$ 1,80/m³ resultando em uma redução de custo mensal no valor de R\$ 2.974,00, assim sendo os resultados do Payback descontado foram (inclui impostos):

Tabela 13: Payback Descontado – Proposta A

Payback - descontado		TMA ==>	10,0%
Ano	Fluxo de caixa	Valor Presente do Fluxo Caixa	Saldo Investimento a Valor Presente
0	-R\$ 326.544	R\$ 326.544	-R\$ 326.544
1	R\$ 34.653	R\$ 31.503	-R\$ 295.041
2	R\$ 34.653	R\$ 28.639	-R\$ 266.402
3	R\$ 34.653	R\$ 26.036	-R\$ 240.366
4	R\$ 34.653	R\$ 23.669	-R\$ 216.697
5	R\$ 34.653	R\$ 21.517	-R\$ 195.180
6	R\$ 34.653	R\$ 19.561	-R\$ 175.619
7	R\$ 34.653	R\$ 17.783	-R\$ 157.837
8	R\$ 34.653	R\$ 16.166	-R\$ 141.671
9	R\$ 34.653	R\$ 14.696	-R\$ 126.974
10	R\$ 34.653	R\$ 13.360	-R\$ 113.614

Fonte: Autor, 2012.

As informações da tabela revelam que mesmo com a redução de custo mensal de R\$ 2.974,00 o investimento não se paga em 10 anos, apresentando um VPL final de R\$ - 113.614,00. Isto é, depois de 10 anos ainda “falta pagar” o valor de R\$ 113.614,00, o que torna o investimento **economicamente inviável** para a empresa.

- **Proposta B**

Esta proposta requer um investimento extremamente alto no valor de R\$ 549.800,00, um custo unitário de R\$ 0,75 e a redução do custo mensal resultou no valor de R\$ 4.655,00. Desses dados calculou-se o seguinte Paypack:

Tabela 14: Payback Descontado – Proposta B

Payback - descontado		TMA ==>	10,0%
Ano	Fluxo de caixa	Valor Presente do Fluxo Caixa	Saldo Investimento a Valor Presente
0	-R\$ 549.800	R\$ 549.800	-R\$ 549.800
1	R\$ 55.567	R\$ 50.515	-R\$ 499.285
2	R\$ 55.567	R\$ 45.923	-R\$ 453.362
3	R\$ 55.567	R\$ 41.748	-R\$ 411.614
4	R\$ 55.567	R\$ 37.953	-R\$ 373.661
5	R\$ 55.567	R\$ 34.502	-R\$ 339.159
6	R\$ 55.567	R\$ 31.366	-R\$ 307.793
7	R\$ 55.567	R\$ 28.514	-R\$ 279.279
8	R\$ 55.567	R\$ 25.922	-R\$ 253.356
9	R\$ 55.567	R\$ 23.566	-R\$ 229.791
10	R\$ 55.567	R\$ 21.423	-R\$ 208.367

Fonte: Autor, 2012.

Mesmo com um custo unitário relativamente baixo o resultado VPL da “Proposta B” também foi negativo no final dos 10 anos, tornando **inviável** economicamente o investimento para a empresa.

- **Proposta C**

A “Proposta C” requer o menor investimento no valor de R\$ 301.522,00, porém o maior custo unitário de tratamento (R\$ 1,85/m³). A redução do custo mensal é igual a R\$ 2.893,30. Com isso o resultado do Payback descontado foi conforme a tabela a seguir:

Tabela 15: Payback Descontado – Proposta C

Payback - descontado		TMA ==>	10,0%
Ano	Fluxo de caixa	Valor Presente do Fluxo Caixa	Saldo Investimento a Valor Presente
0	-R\$ 301.522	R\$ 301.522	-R\$ 301.522
1	R\$ 33.167	R\$ 30.152	-R\$ 271.370
2	R\$ 33.167	R\$ 27.411	-R\$ 243.959
3	R\$ 33.167	R\$ 24.919	-R\$ 219.040
4	R\$ 33.167	R\$ 22.654	-R\$ 196.387
5	R\$ 33.167	R\$ 20.594	-R\$ 175.792
6	R\$ 33.167	R\$ 18.722	-R\$ 157.070
7	R\$ 33.167	R\$ 17.020	-R\$ 140.050
8	R\$ 33.167	R\$ 15.473	-R\$ 124.578
9	R\$ 33.167	R\$ 14.066	-R\$ 110.512
10	R\$ 33.167	R\$ 12.787	-R\$ 97.724

Fonte: Autor, 2012.

Da tabela, percebe-se que este investimento também é **inviável** economicamente para a empresa por apresentar o VPL negativo no valor de R\$ 97.724,00 no final de 10 anos. O que revela a necessidade de mais que 10 anos para retornar todo o investimento.

5.8.4 Critérios intangíveis

Mesmo após apresentados os resultados da viabilidade técnica e econômica alguns critérios intangíveis foram levantados e abordados para que a decisão possa ser tomada de maneira sensata.

A responsabilidade ambiental, por exemplo, é uma questão na qual pesa e muito na hora de decidir por tratar o próprio efluente, pois não há o controle absoluto do tratamento ao enviar o efluente para uma empresa terceirizada. Pode acontecer algum tipo de acidente ambiental na empresa terceira e ainda assim a indústria estudada terá que se responsabilizar por isso (conforme LEI Nº 9.605, DE 12 DE FEVEREIRO DE 1998).

Outra questão que não se pode valorar em termos monetários é o controle do tratamento, personalizando totalmente o tratamento para a própria geração de efluentes. Dessa maneira, quando houver mudança de processos industriais ou inclusão de novos processos o tratamento pode variar conforme a necessidade e desta maneira pode economizar e otimizar o tratamento.

Caso a estação de tratamento seja realmente de alta eficiência, esta pode se tornar um atrativo para visitantes e um marketing ambiental positivo para a indústria.

Estes foram alguns critérios discutidos fora da esfera da viabilidade técnica e econômica, mas que têm grande peso na tomada da decisão.

6 CONCLUSÕES

Conclui-se deste trabalho que:

- O projeto de implantação de uma Estação de tratamento de efluentes Industriais na Indústria Metalomecânica em questão é tecnicamente viável, porém economicamente inviável com relação aos gastos atuais com o tratamento.
- As propostas feitas pelos fornecedores de estação apresentaram alto valor de implantação e reduzido benefício econômico.
- A implantação de uma estação de tratamento na indústria ficará a critério da avaliação da diretoria da empresa sobre este estudo. A facilidade técnica e as questões intangíveis podem conferir decisão favorável à implantação.

7 RECOMENDAÇÕES

- O controle da geração de efluentes na empresa, mesmo se não implantada uma estação, deve ser feita de maneira mais rigorosa com monitoramento do consumo de água e da geração de efluente.
- A medição de vazão deve ser feita em cada ponto de geração de efluentes por intermédio de métodos mais eficazes e precisos, como calhas parshal, sensores ou ainda medidores portáteis. Facilitando, portanto, o trabalho de medição e a rapidez do resultado.
- A separação da rede coletora em coleta de efluentes exclusivamente industriais e efluentes exclusivamente sanitários é uma boa proposta levando em consideração os limites menos rígidos para lançamento de efluente exclusivamente sanitário, conforme “*Seção III*” da Resolução do CONAMA 430 de 13 de maio de 2011. Os limites menos rígidos para este tipo de efluente irá baratear o tratamento final.
- O presente estudo pode ser realizado de forma mais aprofundada abrangendo diferentes fornecedores e tipos de tratamentos, além de avaliar a possibilidade de contratar um engenheiro autônomo para projetar uma estação na própria empresa.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

VON SPERLING, Marcus. **Introdução à qualidade das águas e ao tratamento de esgotos**. 3. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2005. 452 p.

VON SPERLING, Marcus. **Princípio básico do tratamento de esgotos**. Belo Horizonte: Ufmg, 1996. 211 p.

CHERNICHARO, Carlos Augusto de Lemos. **Reatores anaeróbios**. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2007. 380 p.

VON SPERLING, Marcus. **Lodos ativados**. 2. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2002. 428 p.

TSUTIYA, Milton Tomoyuki; ALÉM SOBRINHO, Pedro. **Coleta e transporte de esgoto sanitário**. 3. ed. Rio de Janeiro: Abes, 2011. 548 p.

VALENZUELA, Julio. **Tratamento de efluentes em Indústrias Galvanotécnicas**. 2. ed. São Paulo: Páginas e Letras, 2008. 126 p.

MIERZWA, José Carlos; HESPANHOL, Ivanildo. **Água na indústria: Uso Racional e reúso**. São Paulo: Oficina de Textos, 2005. 143 p.

VON SPERLING, Marcus et al. **Manual de Saneamento e Proteção Ambiental para os Municípios**. 3. ed. Belo Horizonte: Ufmg, 2001. 221 p.

BROM, Luiz Guilherme; BALIAN, José Eduardo Amato. **Análise de investimentos e capital de giro: Conceitos e Aplicações**. 3. ed. São Paulo: Saraiva, 2007. 132 p.

GIORDANO, Gandhi. **Tratamento e controle de efluentes industriais**. Rio de Janeiro: Ufrj, 2011. 81 p.

SILVA, Carlos Alberto Decotelli da. **Finanças Corporativas**. Itajaí: Fgv, 2009. 52 p.

CUNHA, Marco Antônio Nascimento da. **Análise de projetos de investimento**. Itajaí: Fgv, 2010. 79 p.

BRAGA, Célia. **Contabilidade Ambiental**: Ferramenta para gestão da contabilidade/ Célia Braga (organizadora) – São Paulo: Atlas 2007.

FRANCO, Hilário. **Contabilidade industrial**: com apêndice de contabilidade agrícola/ Hilário Franco – 9.ed – São Paulo: 1991.

BRASIL. Arnaldo Augusto Setti:...[et Al.]. Aneel. **Introdução ao gerenciamento de recursos hídricos**. 2. ed. Brasília: Aneel, 2001. 328 p.

BAUMGARTNER, Cristiano Spanhol. **Análise de investimentos: Aquisição de maquinário para empresa do ramo metal mecânico**. Brusque: Unifebe, 2010. 79 p.

FERNANDES, Carlos. **Esgotos Sanitários**. 2. ed. Paraíba: Univ/UFPB, 2000, 435p.

AMIGOS DA ÁGUA. Disponível em:
<<http://www.amigosdaagua.com.br>>. Acesso em: 19 jun 2012.

WEB CIÊNCIA. Disponível em: <<http://www.webciencia.com/21agua.htm>>. Acesso em: 21 jun 2012.

PROGRAMA DAS NAÇÕES UNIDAS PARA O DESENVOLVIMENTO. Disponível em:
<<http://www.pnud.org.br/noticia.aspx?id=3509>>. Acesso em: 21 jun 2012.

SEBRAE. **Santa Catarina em números: metal mecânico**. Florianópolis, 2010, 68 p. Disponível em: <<http://www.sebrae-sc.com.br/scemnumero/arquivo/Metal-mecanico.pdf>> Acesso em 21 jun 2012.

AMORIM, A. P. O. **Análise custo-benefício do monitoramento microbiológico de estação de tratamento de efluentes em uma indústria de coqueira**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) – Universidade Federal de Santa

Catarina, Florianópolis, 2009, 30 p. [Orientador: Prof. Dr. Sebastião Roberto Soares].

JUNIOR, A.O. **Avaliação de tecnologias avançadas para reuso de água em indústria metal mecânica.** Dissertação (Programa de Pós-graduação em Engenharia de Recursos Hídricos e Ambiental) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006, 248 p. [Orientador: Prof. Dr. Urivald Pawlowsky].

PEDROSO, W. M. **Otimização de estação de tratamento de esgoto industrial de uma indústria metalúrgica:** Estudo de caso na Volkswagen – São Bernardo do Campo - SP. Dissertação. (Título de Mestre em Engenharia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Escola de Engenharia de Mauá, 2009, 99 p. [Orientador: Prof. Dr. Hector Alexandre Chaves Gil].

SANTIN, M. F. C. L. **A evolução da indústria metalmeccânica do rio grande do sul, 2001/2005.** Artigo (Programa de Pós-graduação em Economia) – PUC-RS, Porto Alegre, 2006, 20 p

BRASIL, Resolução do CONAMA nº 357, de 17 de março de 2005. **Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes e dá outras providências..** Brasília, Versão para Consulta Pública.

BRASIL, Resolução do CONAMA nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA.**Brasília, Versão para Consulta Pública.

BRASIL, Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Dispõe sobre sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências .**Brasília, Versão para Consulta Pública.

SANTA CATARINA, Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. **Institui o Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências.** Florianópolis, Versão para Consulta Pública.

BRUSQUE, Lei nº 2.627, de 25 de junho de 2002. **Institui a Política Municipal do Meio Ambiente e dá outras providências.** Brusque, Versão para Consulta Pública.

ANEXO 1

ANEXO 2